

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Мамрай Василь Васильович

УДК 622.2:622.35

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИДОБУВАННЯ
БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ДИСКОВИМИ МАШИНАМИ**

Спеціальність 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Коробійчук Валентин Вацлавович,
Державний університет «Житомирська політехніка»
Міністерства освіти і науки України (м. Житомир),
професор кафедри розробки родовищ корисних копалин
ім. проф. Бакка М.Т.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Ткачук Костянтин Костянтинович, Національний
технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міністерства освіти і науки України (м. Київ), професор
кафедри геоінженерії;

кандидат технічних наук
Шустов Олександр Олександрович,
Національний технічний університет «Дніпровська
політехніка» Міністерства освіти і науки України
(м. Дніпро), доцент кафедри відкритих гірничих робіт.

Захист відбудеться 24 вересня 2020 року о 12.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.22 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 511.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «__» серпня 2020 р.

**Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доц.**

В. В. Вапнічна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Природний камінь є цінним декоративно-облицювальним і оздоблювальним матеріалом. Вартість блоків з високоміцних порід природного каменю в останні роки в значній мірі визначається не лише його якістю. Значний вплив на вартість блоків справляють їх лінійні розміри та форма, які обумовлюють, передусім, підвищення вартості транспортних перевезень. При перевезенні блоків неправильної форми або невеликих розмірів транспортні витрати менш виправдані, тому українські каменедобувні підприємства змушені змінювати і поліпшувати технологію видобування природного каменю, впроваджуючи ефективні технологічні комплекси, основані на всебічному дослідженні структурних і текстурних особливостей кожного родовища.

Перспективними напрямками удосконалення технологій видобування блочного каменю є застосування методів різання, які запобігають ризикові розвитку техногенних тріщин в блочному масиві. Однією з таких технологій є видобування природного каменю за допомогою дискових машин. Завдяки низці переваг ця технологія має перспективи значного поширення. Вона широко використовується в КНР в умовах нагірних родовищ. В Україні ця технологія починає проходити випробування, однак значна кількість аспектів експлуатації залишається не вивченою. Одним з цих аспектів є необхідність підбирати режимні параметри різання для кожного родовища блочного природного каменю індивідуально. Суттєвий вплив на технологію видобування справляють тріщинуватість та анізотропія гірського масиву. Якщо тріщинуватість масиву гірських порід впливає на кінцеві розміри блоків природного каменю, то анізотропні властивості облицювальних каменів високої міцності мають вплив на трудомісткість технології видобування. Наразі вплив анізотропних властивостей гірської породи на трудомісткість видобування дисковими машинами мало вивчений. Одночасно відсутні чіткі рекомендації, щодо режимних параметрів різання дисковими машинами. Таким чином, обґрунтування технологічних параметрів видобування блочного каменю дисковими машинами залишається **актуальним науково-практичним завданням**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась на кафедрі розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка» у рамках науково-дослідної теми "Розробка технології видобування блочного декоративного каменю дисковими машинами", державний реєстраційний номер: 0119U101934 (2019-2020 рр.). Автор був виконавцем робіт при проведенні досліджень в зазначеній науково-дослідній темі.

Мета роботи і задачі дослідження – обґрунтувати технологічні параметри видобування блочного каменю дисковими машинами з врахуванням режимів різання та анізотропії гірської породи.

Для досягнення сформульованої мети в дисертаційній роботі поставлені такі **завдання**:

- аналіз показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блоків дисковими каменерізними машинами;

- вивчення впливу режимних параметрів дискової машини на ефективність видобування гранодіориту;
- на основі аналізу анізотропності гірських порід в масиві родовища обґрунтувати методiku вибору напряму ведення гірничих робіт для дискових машин при видобуванні блочного каменю.

Об'єкт дослідження – процеси видобування природного каменю.

Предмет дослідження – технологічні параметри різання гірського масиву дисковими машинами.

Методи досліджень. У даній науковій роботі використано такий комплекс сучасних наукових методів досліджень: математичний апарат теорії планування дослідів; методи теорії ймовірності; графоаналітичний та числовий аналіз; кваліметрична оцінка, статистичне опрацювання результатів із використанням засобів обчислювальної техніки; лабораторні дослідження; економічний аналіз; гірничо-геометричний аналіз.

Наукову новизну отриманих результатів представлено науковими положеннями, в яких вперше встановлено:

- логарифмічну залежність продуктивності дискової машини від довжини фронту робіт, яка показує, що найбільш раціональним з економічної точки зору є фронт робіт 40 м і вище.

- на основі відносної різниці між продуктивностями різання заготовок каменю за площинами, паралельними поздовжнім і поперечним системам тріщин, для підвищення продуктивності дискових машин у вибоях необхідно здійснювати різання у напрямку за азимутами простягання і кутами падіння для гранітів – поздовжніх, габро – поперечних систем тріщин масиву;

- закономірності просторової мінливості раціональних напрямків різання по відношенню до системи поздовжніх (S), поперечних (Q) і діагональних (D) тріщин та отримано аналітичну залежність у вигляді поліному другого ступеня для прогнозування раціонального напрямку різання, що дозволило, для Головинського родовища лабрадориту збільшити вихід блоків до 38 %.

Практичне значення одержаних результатів роботи:

- при врахуванні запропонованих в дисертаційній роботі технологічних параметрів роботи дискової машини показники очікуваних експлуатаційних втрат блочної сировини будуть менші на 9 % порівняно з алмазно-канатною технологією видобування;

- представлена в дисертації технологія видобування за допомогою дискових пил (при роботі однієї дискової машини) має вищу продуктивність за алмазно-канатну технологію на 12 %;

- встановлено зростання відносної різниці між швидкостями різання заготовок каменю за площинами, паралельними поздовжнім і поперечним системам тріщин, яка становить: в масивах граніту – в середньому 24,4 %, в масивах габро – в середньому 18 %;

- встановлено залежності швидкості робочої подачі від споживання електроенергії двигуном дискової машини при постійній глибині різання на гранодіориті, які показують, що при збільшенні глибини різання в 2,7 рази витрата електроенергії збільшується в 1,5 рази;

- розроблено методику визначення питомої продуктивності різання природного каменю дисковими пилами;
- обґрунтовано методику вибору напряму ведення гірничих робіт для дискових машин при видобуванні блочного каменю;
- практичні результати досліджень реалізовано в технологічних процесах ТОВ «Головинський камінь», ТОВ «ГАБРОГОР», з сумарним очікуваним економічним ефектом 557 тис. грн. на рік.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно у друкованих працях: [2] – запропонував методику визначення закономірностей розподілу параметрів тріщинуватості Межирічського родовища граніту; [3] – провів графо-статистичне моделювання; [4] – провів цифрову зйомку блоків природного каменю; [5] – провів математичні обрахунки тріщинуватості масиву; [6] – брав участь в практичних вимірах на кар'єрі; [7] – розробив методику визначення показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочного каменю дисковими каменерізними машинами; [9, 12] – проводив аналітичні обрахунки; [10] – провів порівняння двох технологій видобування; [13] – брав участь в лабораторних випробуваннях; [14] – провів аналіз літературних джерел, сформулював ідею.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та окремі її результати обговорювалися на науково-технічних конференціях, семінарах та нарадах, а саме: на III-й Міжвузівській конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (Житомир, 2006 р.), V-му Міжнародному колоквіуму Протоджяконова (Фрайберг, Німеччина, 2017 р.), II-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики» (Київ, 2019 р.), Міжнародній конференції "Інновації для ресурсозбереження відкритих гірничих робіт" (Фрайберг, Німеччина, 2019 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 14 наукових праць, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях України (з них 4 у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз), 3 публікації у закордонних збірниках наукових праць, 4 тези доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 143 сторінках машинописного тексту, складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел зі 133 найменувань, 4 додатки на 5 сторінках, містить 56 рисунків, 12 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність тематики дослідження та показано зв'язок із науковими програмами, сформульовано мету та основні задачі дослідження, висвітлено наукову новизну і практичну цінність результатів.

У **першому розділі** наведено аналіз сучасного стану досліджень з відкритої розробки блочних кар'єрів, особливості гірничих робіт при видобутку блоків природного каменю.

Проаналізовано вплив особливостей розробки родовищ декоративного каменю на основі аналізу напрацювань таких вчених: В. В. Ржевського, К. М. Трубецького, М. Т. Бакка, Ю. Г. Карасьова, О. Б. Синельникова, Г. Д. Першина,

О. І. Косолапова, Webb S.W., Jackson W.E., Xu X., Ersoy A., Buyuksagic S., Atici U., Delgado N.S., Wright D.N., Cassapi V.B. та інших.

Аналіз підходів до технології розробки родовищ корисних копалин дозволив виділити такі основні напрями досліджень:

- 1) розробка методологічних основ вибору, вимірювання та класифікації чинників, що впливають на технологію видобування дисковими пилами;
- 2) дослідження впливу режимних параметрів дискової машини на ефективність видобування природного каменю;
- 3) обґрунтування методики вибору напрямку ведення гірничих робіт для дискових машин.

За результатами дослідження було встановлено, що високі показники зносостійкості алмазного сегмента залежать від якості охолодження алмазних напайок та якості зв'язки алмазного сегмента. Також було запропоновано теоретичну модель опису процесу зношення дискових пил. Згідно з цією моделлю, зв'язка алмазної напайки має не лише добре зчіплюватися з алмазним порошком, але також зношуватися зі сталюю швидкістю, що дозволить забезпечити ефективність різання каменю дисковими пилами. Було встановлено, що метод нечіткого ранжирування може ефективно визначати ступінь взаємозв'язку між фізико-механічними властивостями природного каменю та ступенем зношення інструменту.

На основі проведеного аналізу сучасних досягнень науки й практики відкритої розробки блочних родовищ сформульовані наведені вище мета й основні задачі дослідження.

У другому розділі наведено показники очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочного каменю дисковими каменерізними машинами та алмазно-канатною установкою. Було встановлено, що для різних видобувних технологічних комплексів не існує універсальної методики обрахунку блочності кар'єру.

Для роботи дискової машини важливим фактором є довжина фронту робіт, чим більша довжина різання дисковою пилою, тим вища продуктивність роботи дискової машини. При збільшенні фронту робіт з 5 до 40 м спостерігається максимальна швидкість приросту продуктивності, досягаючи значення близько 4,6 м²/год, (рис. 1). В подальшому ця швидкість різко знижується, що означає, що величину фронту робіт в межах значення 25...40 м, з економічної точки зору, можна вважати найбільш раціональною.

Залежність продуктивності дискової пили (y) від довжини фронту робіт (x) описується логарифмічною функцією, характер якої свідчить, що вона в нескінченності прагне до значення близько 5,5 м²/год:

$$y = 1,1676 \ln(x) + 0,9814. \quad (1)$$

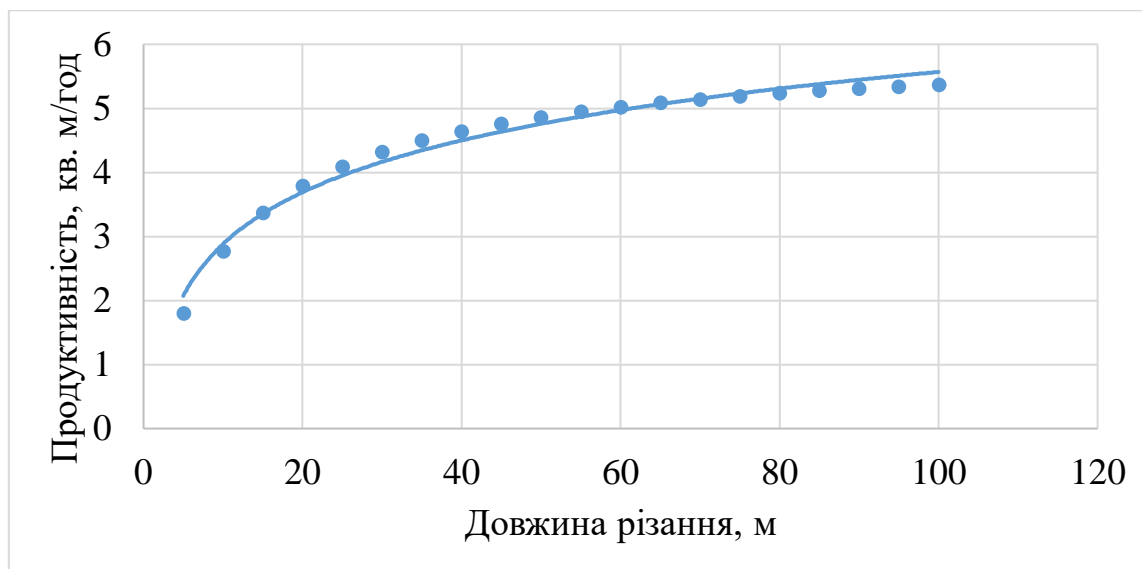


Рис. 1. Залежність продуктивності дискової машини на блочному кар'єрі від довжини різання

При технології видобування дисковими машинами відсутня операція збійки бурових штанг для заведення алмазного канату, що збільшує на 27 % продуктивність алмазно-канатної пилки, яка підрізає моноліт, порівняно з існуючою технологією. В цілому продуктивність видобутку блоків природного каменю на Покостівському кар'єрі дисковими машинами вища, ніж при алмазно-канатній технології (рис. 2).

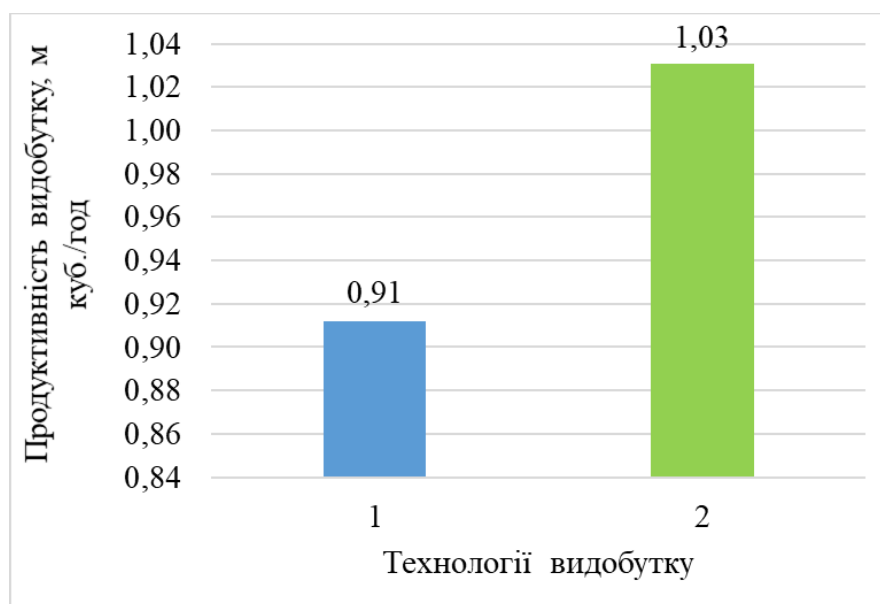


Рис. 2. Продуктивність видобутку блоків природного каменю на Покостівському кар'єрі: 1 – при технології видобування алмазно-канатними машинами; 2 – при технології видобування дисковими машинами

В дисертаційній роботі розглядались кількісні та якісні втрати природного каменю. Кількісні втрати формуються за рахунок пропилів алмазним

інструментом та отворів від бурового інструменту. Якісні втрати виникають внаслідок втрати правильної геометричної форми блоків природного каменю, що виникають в основному через відхилення бурових штанг від вертикалі та горизонталі. Це в подальшому впливає на паралельність різів алмазно-канатних машин. На якісні втрати може впливати людський фактор, наприклад, відхилення у встановленні видобувних машин від проектних напрямків.

Визначено, що при технології видобутку дисковими машинами кількісні втрати гранодіориту на 9 % менші, ніж алмазно-канатними машинами.

У третьому розділі розглянуто вплив режимних параметрів дискової машини на ефективність видобування гранодіориту.

Експерименти проводили на дисковій машині Hualong ZGYK-3500. Споживана потужність під час випробувань вимірювалася за допомогою цифрового вимірювального приладу (ЕМА 14).

Експерименти з різання проводилися як в режимі різання «за подачею», так і «проти подачі». Різання проводили п'ять разів в обидві сторони. Отримані дані усереднювалися.

Радіальне зношення сегментів визначалось вимірюванням висоти десяти маркованих сегментів, до і після завершення кожної серії випробувань. Зміна висоти сегмента вираховувалася як середнє значення трьох показників, які були виміряні у фіксованих місцях на кожному маркованому сегменті.

Залежність, показана на рис. 3, демонструє різницю в споживанні електроенергії між режимами різання «за подачею» та «проти подачі». Результати, показані на рис. 3, вказують на те, що режим різання «проти подачі» є більш вигідним з точки зору енергоспоживання.

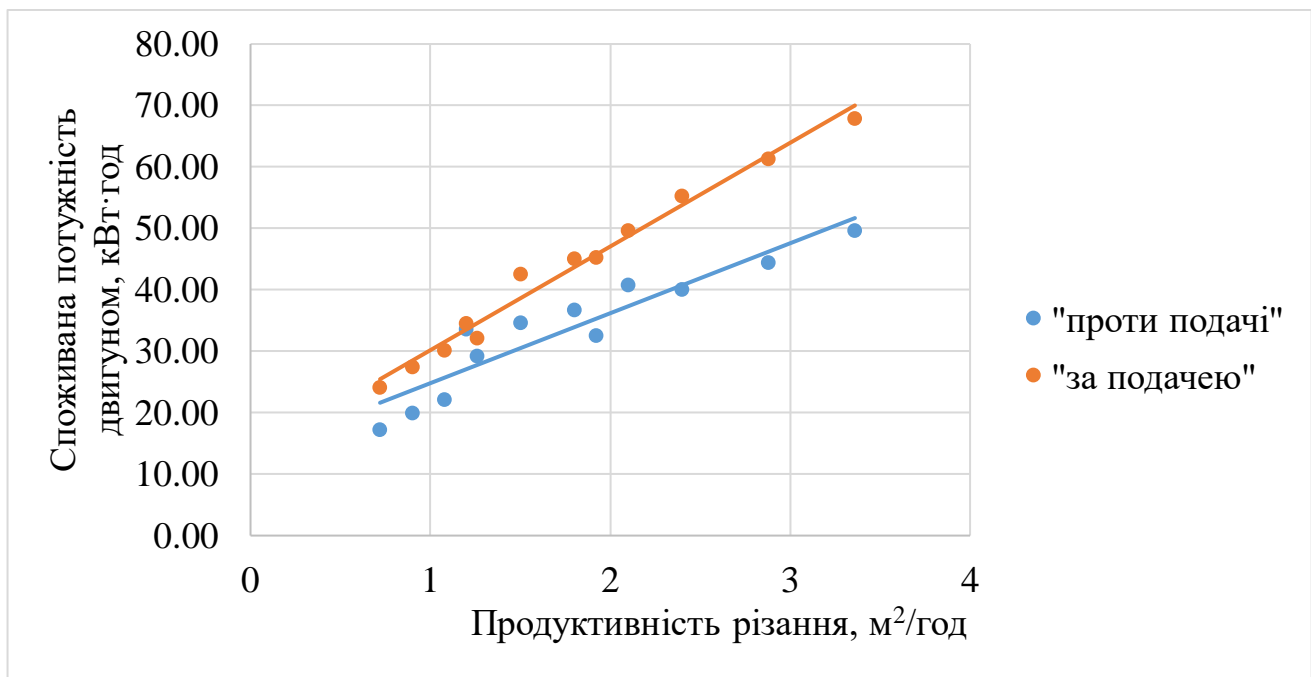


Рис. 3. Залежність споживання електроенергії дисковою машиною від продуктивності різання

Згідно з рис. 4, при режимі різання «проти подачі» та при постійній швидкості подачі 0,4 м/хв глибина різання 3 см спричиняла споживання електричної енергії 15,7 кВт, тоді як глибина різання 8 см спричиняла потужність споживання 27,6 кВт. Ці результати свідчать про те, що майже триразове збільшення глибини різання не було пов'язане з триразовим збільшенням споживання електроенергії. Аналогічні результати спостерігались при швидкості робочої подачі дискової пили 0,5, 0,6 та 0,7 м/хв.

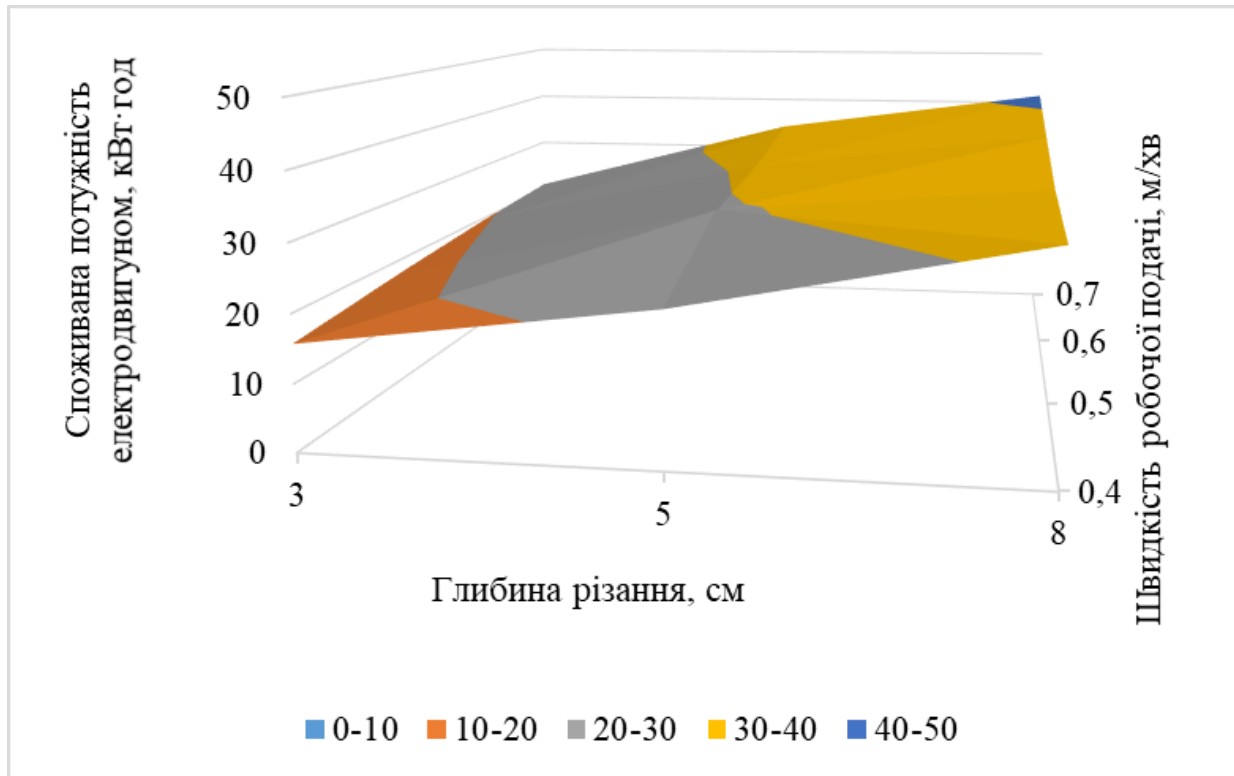


Рис. 4. Вплив глибини різання на споживання електроенергії за напрямом різання «проти подачі» при постійній глибині різання 8 см

Ці дослідження свідчать, що коли пилка заглиблюється в природний камінь (по мірі збільшення глибини різання), площа контакту алмазних зерен зв'язки інструмента з каменем також збільшується. Частка сегмента, який контактує з матеріалом, становить 25 % при глибині різання 3 см, ця частка зростає до 67 % при глибині різання 8 см. Збільшення контакту між інструментом та природним каменем призводить до збільшення сил, що діють на дискову пилу, та збільшує споживання електричної енергії.

Аналогічна ситуація спостерігається для всіх умов різання, які виконувались у режимі «за подачею» (рис. 5).

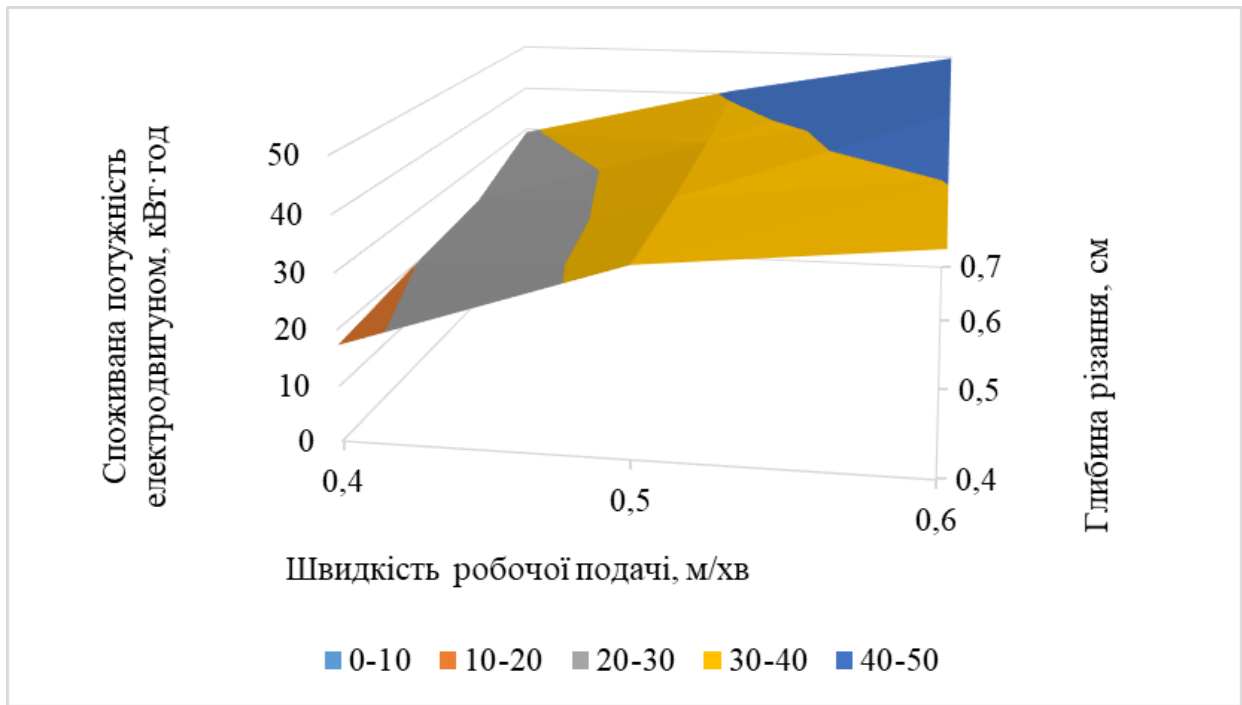


Рис. 5. Вплив глибини різання на споживання електроенергії за напрямом різання «за подачею» при постійній глибині різання 8 см

Оцінка отриманих даних вказує на те, що при сталій глибині різання та змінній швидкості робочої подачі спостерігається збільшення споживання електроенергії при режимах різання «за подачею» та «проти подачі». Витрата електроенергії нижча, коли швидкість робочої подачі тримається постійною, а глибина різання збільшується.

Залежність питомої середньої вартості електричної енергії від продуктивності різання наведено на рис. 6.

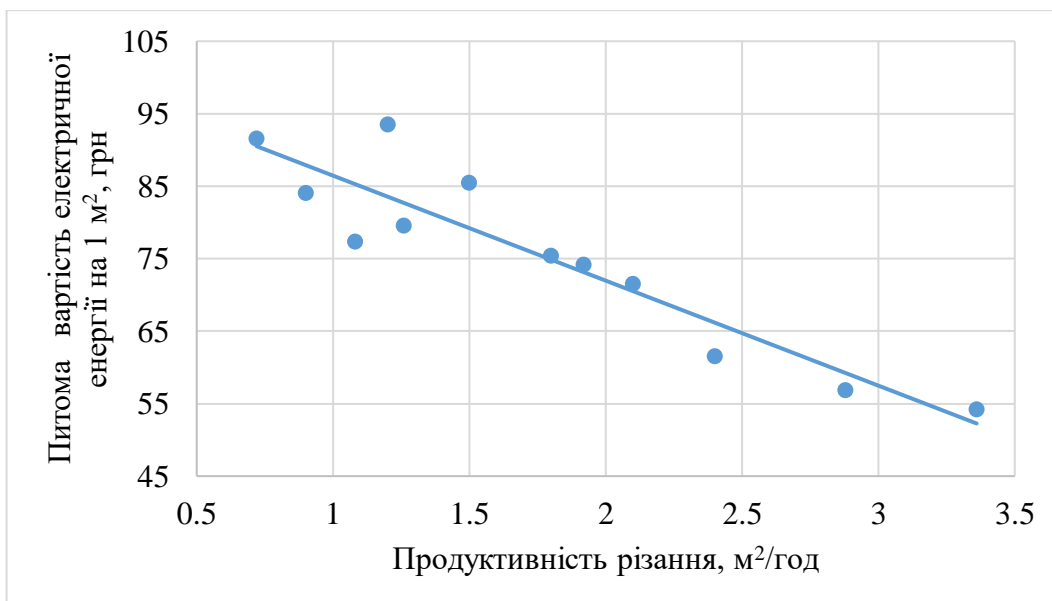


Рис. 6. Залежність питомої середньої вартості електричної енергії від продуктивності різання

На рис. 7. наведено залежності зведених питомих витрат від продуктивності дискової машини.

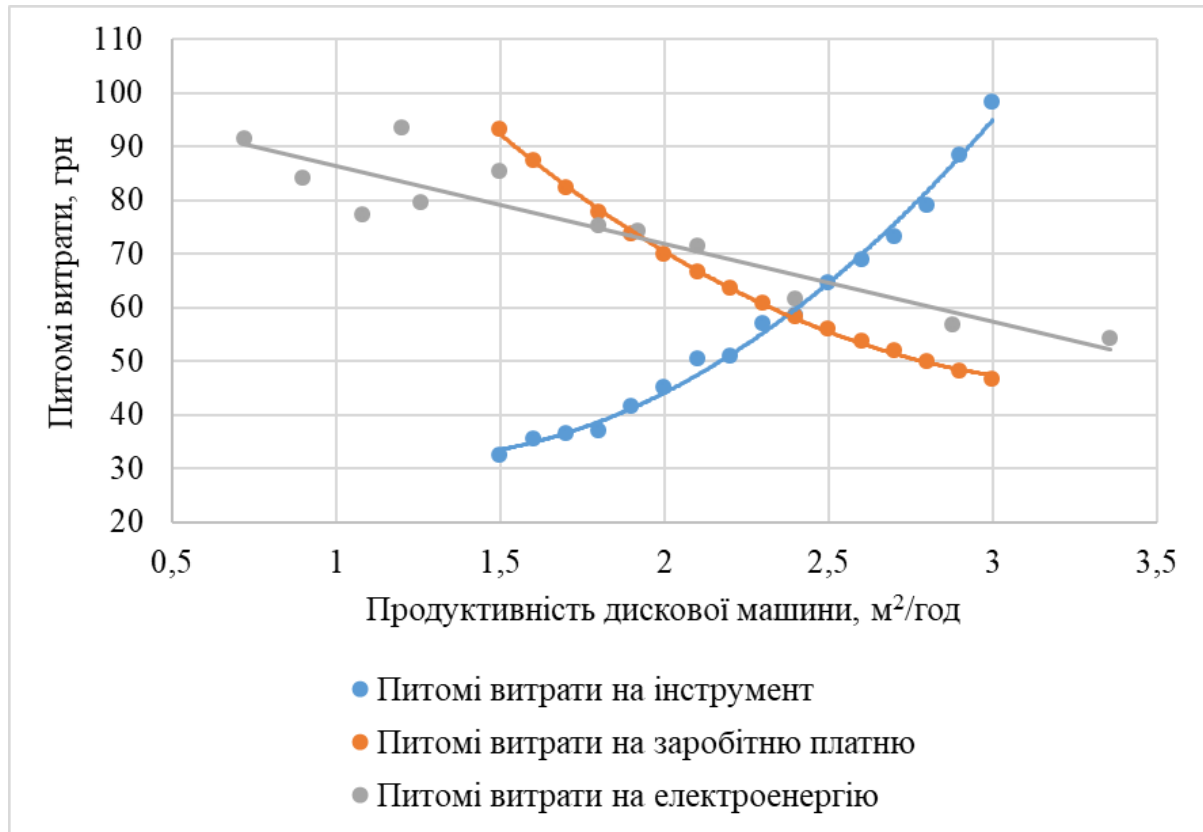


Рис. 7. Залежності зведених питомих витрат, грн/м², від продуктивності дискової машини

З дослідження випливає, що при збільшенні глибини різання в 2,7 рази витрата електроенергії збільшується в 1,5 рази. Зі зростанням швидкості різання зменшуються витрати на оплату праці робітників, разом з тим збільшуються витрати на алмазний інструмент. З економічної точки зору найкращий режим різання досягається на максимальних значеннях режиму різання дискової машини.

Четвертий розділ присвячено обґрунтуванню методики вибору напрямку ведення гірничих робіт для дискових машин.

У даному розділі представлено результати експериментів на базі дискового верстату, які проводилися з метою визначення питомої продуктивності різання природного каменю в площинах, паралельних системі вертикальних тріщин родовищ природного каменю.

З вибоїв діючих кар'єрів проведено відбір проб (зразків) з одночасним орієнтуванням їх у просторі. Кількість зразків змінювалася від чотирьох до дванадцяти при загальній кількості 40 шт. на шість родовищ природного каменю.

Різання здійснювалось за напрямками, що співпадають з площинами поздовжніх, поперечних вертикальних систем тріщин масиву, при постійній швидкості обертання валу двигуна і постійному зусиллі подачі. В цьому випадку визначено питому продуктивність різання – час, необхідний на здійснення 1 см²

пропили в гірській породі, що є показником трудомісткості різання даної породи дисковою пилкою.

Для порід групи габро максимальна питома продуктивність різання спостерігається при розпилюванні порід по площинам, паралельним площинам вертикальних поперечних систем тріщин масиву. Ця закономірність підтверджується орієнтуванням найбільш слабких зерен темноколірних мінералів біотитів у горизонтальній площині.

Відносна різниця питомої продуктивності (рис. 8) розраховувалась за формулою:

$$\Delta = \frac{V_2 - V_1}{V_1} 100\%, \quad (2)$$

де V_1 – питома продуктивність за напрямками площин поздовжніх вертикальних систем тріщин масиву; V_2 – питома продуктивність за напрямками поперечних вертикальних систем тріщин масиву.

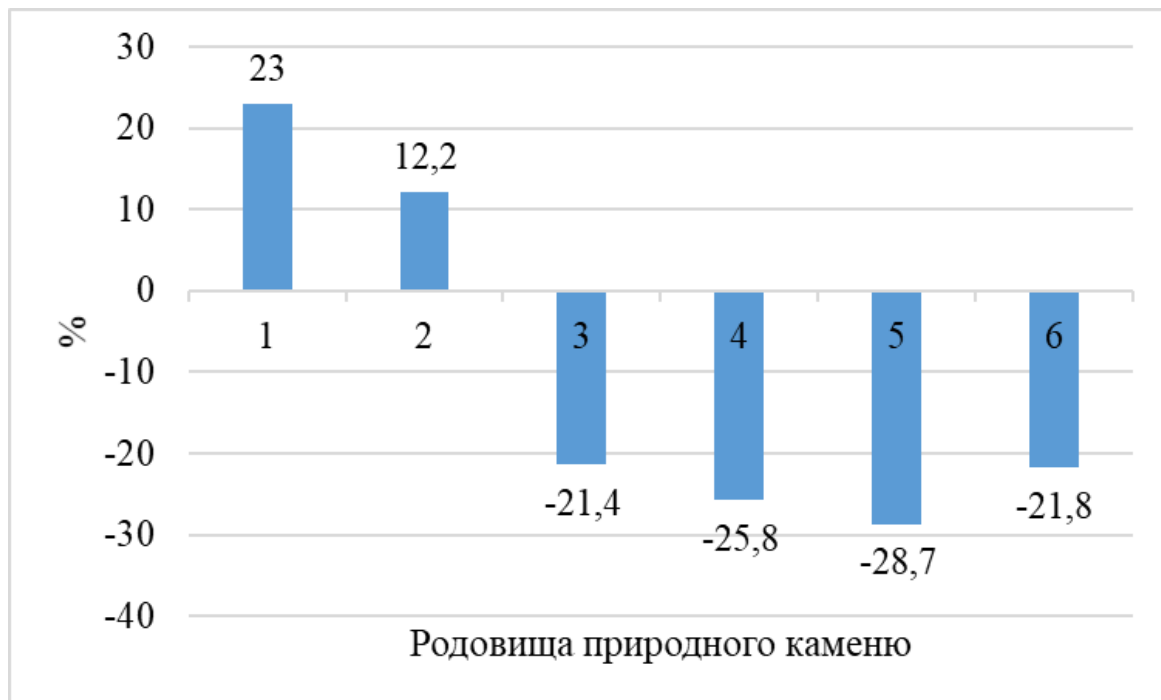


Рис. 8. Відносна різниця питомої продуктивності:

1 – Кам'янобрідське; 2 – Сліпчицьке; 3 – Токівське; 4 – Лезниківське;
5 – Дідковицьке; 6 – Омелянівське

Для порід групи гранітів у всіх дослідженнях швидкість проведення поздовжніх пропилів більша порівняно з поперечними пропилами. У зразках Токівського родовища відносна різниця між питомими продуктивностями різання при проведенні поздовжніх і поперечних пропилів становить 21,4 %. Це пов'язано з розшаровуванням біотитів і мікрокліну в площинах, паралельних вертикальним поздовжнім системам тріщин масиву.

В зразках Лезниківського і Дідковицького родовищ гранітів різниця між питомими швидкостями при проведенні поздовжніх та поперечних пропилів, становить 25,8 та 28,7 %. Найбільша продуктивність різання пояснюється орієнтацією напрямку пропилу паралельно площині розвитку інтенсивного двійникування мікрокліну.

У зразках Омелянівського граніту найбільша швидкість різання спостерігається при проведенні поздовжніх пропилів, що пов'язано з поздовжнім орієнтуванням кварцових зерен.

Тому для підвищення продуктивності дискових машин у вибоях необхідно здійснювати різання у напрямку за азимутами простягання і кутами падіння для гранітів – поздовжніх, габро – поперечних систем тріщин масиву.

Обґрунтування методики вибору напрямку ведення гірничих робіт для дискових машин при видобуванні блочного каменю наведено на прикладі Головинського родовища лабрадоритів, оскільки воно є найбільш розвіданим.

На основі мікроструктурного аналізу шліфів визначено напрям орієнтації зерен мінералів (рис. 9). За результатами мікроструктурного дослідження встановлено напрями найлегшого різання дисковими пилами для Головинського родовища лабрадориту. За вимірами азимутів простягання і падіння тріщин, а також за кутами їх падіння у кар'єрі побудовано точкові кругові діаграми, які дозволили зробити висновки про закономірності поширення основних тріщин.



Рис. 9. Мікрофотографія шліфа лабрадору

Виконаний кореляційний аналіз взаємозв'язку рекомендованого напрямку різання (y) (за мікроструктурним аналізом) з азимутом простягання вертикальних тріщин (x) для Головинського родовища лабрадориту, встановив наявність кореляційного зв'язку (рис. 10).

Таким чином, це дало змогу знайти вигляд регресії:

$$y = 0,002x^2 - 1,6411x + 353,4459. \quad (3)$$

Оскільки дійсно $F(1,06) < F_{кр}(1,84)$, то гіпотеза про незначимість моделі відхиляється.

Коефіцієнт детермінації $k_d = 0,59$, що свідчить про те, що отримане рівняння регресії на 59 % пояснює загальне розкидання результатів відносно середнього значення.

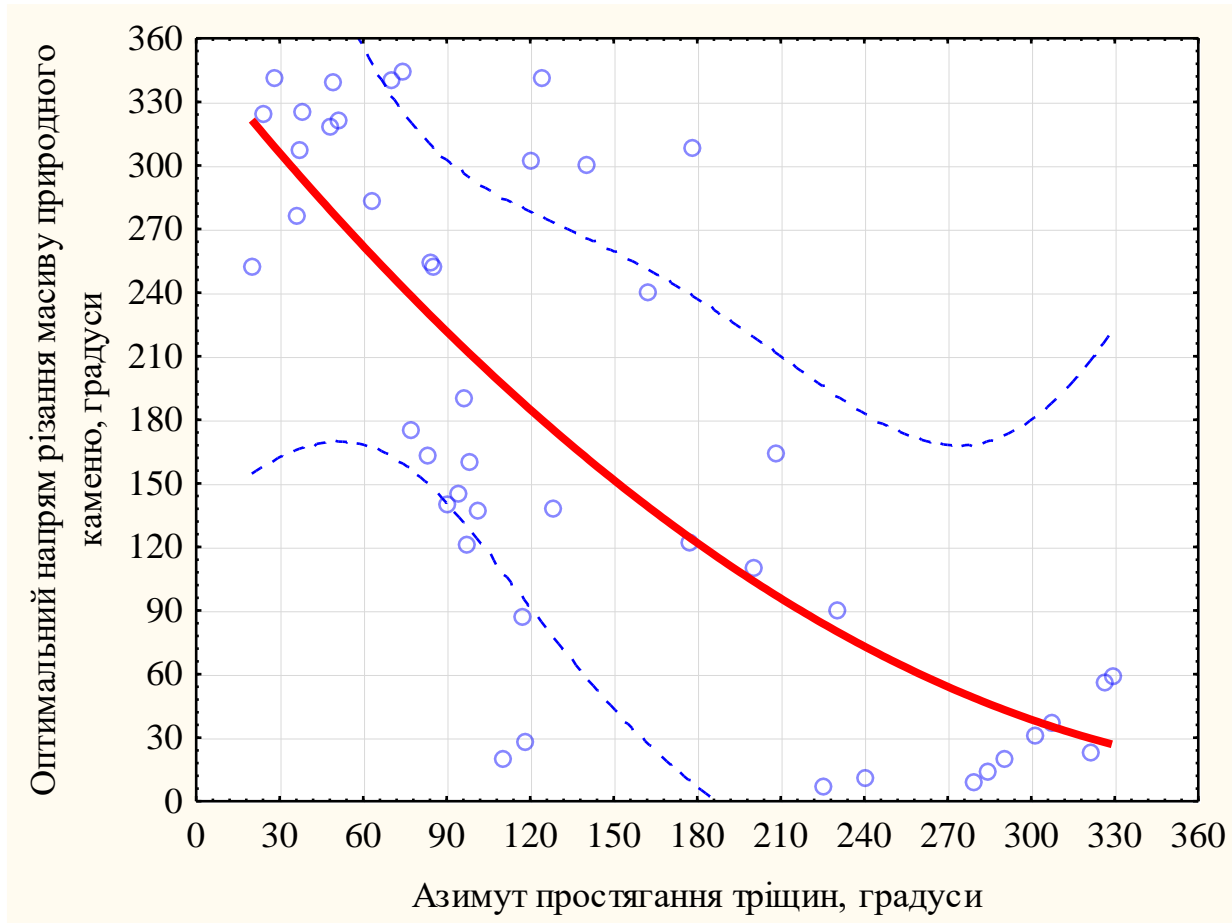


Рис. 10. Залежність напрямку оптимального різання дисковими машинами від азимуту простягання тріщин для Головинського родовища лабрадориту

Оцінка співвідношення напрямків оптимального різання з азимутами падіння тріщин, виконана на основі побудови карти векторів (рис. 11), дозволяє стверджувати про наявність зв'язку між зазначеними вище параметрами у південній частині, де більшість значень збігається, та дозволяє стверджувати про наявність чітких закономірностей орієнтації в західній частині, де більшість векторів перетинаються під близькими кутами. Північна частина родовища характеризується певною хаотичністю напрямків, що однозначно може свідчити про складність прогнозу анізотропних властивостей в цій частині родовища.

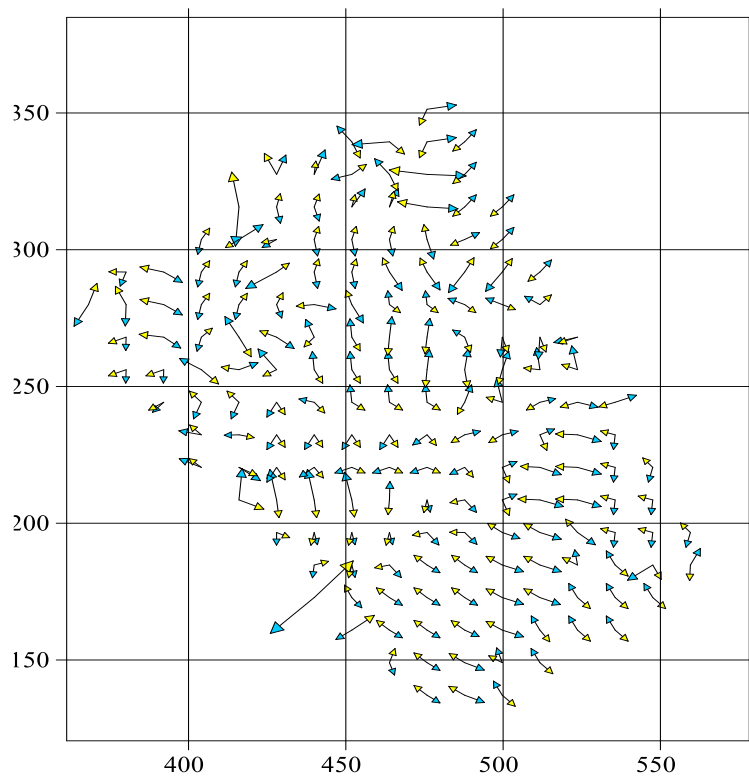


Рис. 11. Співвідношення напрямків оптимального різання з азимутами падіння тріщин (жовтий – напрямок тріщин, блакитний – напрямок різання)

Після визначення найкращого напрямку ведення гірничих робіт для кожної з ділянок масив був поділений на блоки. Гірничо-геометричний аналіз, отриманих даних з метою пошуку раціонального напрямку ведення гірничих робіт відносно існуючої системи тріщин та обчислення основних параметрів видобувного контуру кар'єра виконувався за допомогою програми GEOL_DN версії 7.936.

На рис. 12 наведена залежність зміни коефіцієнта виходу блоків природного каменю від кута повороту напрямку розробки для ділянки № 1 Головинського родовища лабрадориту.



Рис. 12. Графік залежності коефіцієнта виходу блоків від зміни кута повороту ведення гірничих робіт

З аналізу графіка слідує, що оптимальний напрям розробки ділянки № 1 Головинського лабрадориту є 310° , при якому коефіцієнт виходу блоків складає 38 %, в даному випадку цей напрям співпадає з вертикальними поперечними тріщинами.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі встановлених зв'язків режимів різання з напрямками орієнтування мінеральних анізотропних структур блочного каменю та закономірностей поширення основних систем тріщин отримано нове вирішення актуальної науково-практичної задачі з обґрунтування технологічних параметрів видобування блочного каменю дисковими машинами, що забезпечить в технологічних процесах ТОВ «Головинський камінь», ТОВ «ГАБРОГОР» збільшення виходу блочної сировини з сумарним очікуваним економічним ефектом 557 тис. грн. на рік

Основні наукові та практичні результати роботи полягають в наступному:

1. При реалізації технології видобування блоків із застосуванням дискової каменерізної машини експлуатаційні втрати сировини становитимуть 1,32 %, в порівнянні з алмазно-канатною технологією, де втрати складають – 1,45 %.

2. Залежність продуктивності дискової машини на Покостівському кар'єрі від довжини різання описується логарифмічною функцією і доводить, що при збільшенні фронту робіт з 5 до 60 м продуктивність дискової машини зростає з 1,8 до 4,8 м²/год;

3. Встановлено закономірність зношення алмазної напайки дискової машини від продуктивності різання, яка дозволила встановити, що для умов Покостівського гранодіориту з ростом продуктивності в 2 рази питоме зношення сегментів збільшується в 3,45 рази за напрямом різання «за подачею» та в 2,62 рази «проти подачі».

4. Встановлено залежності швидкості робочої подачі від споживання електроенергії двигуном дискової машини при постійній глибині різання на гранодіориті, які показують, що при збільшенні глибини різання в 2,7 рази витрата електроенергії збільшується в 1,5 рази. Вплив глибини різання на споживання електроенергії при постійній робочій подачі описується поліномами другого порядку.

5. Відносна різниця між швидкостями при різанні заготовок каменю за площинами, які паралельні поздовжнім і поперечним системам тріщин становить:

- в масивах граніту – в середньому 24,4 %;
- в масивах габро – в середньому 18 %.

6. У результаті виконаних досліджень вивчено закономірності просторової мінливості напрямків раціонального різання по відношенню до системи поздовжніх (S), поперечних (Q) і діагональних (D) тріщин та встановлена аналітична залежність у вигляді поліному другого ступеня для прогнозування раціонального напрямку різання, що дозволило, для Головинського родовища лабрадориту, збільшити вихід блоків до 38 %.

7. Виконані дослідження з вивчення закономірності просторової мінливості напрямків раціонального різання по відношенню до систем тріщин можуть бути

використані в технологічних процесах ТОВ «Головинський камінь», ТОВ «ГАБРОГОР», очікуваний економічний ефект 557 тис. грн. на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України:

1. Мамрай В.В. Методика моделювання тріщинуватого гранітного масиву і вибору раціонального напрямку закладення видобувного уступу. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* 2007. № 4 (43). С. 139-144.

2. Мамрай В.В., Панасюк А.В. Визначення закономірностей розподілу параметрів тріщинуватості Межирицького родовища граніту. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету.* 2007. № 28. С. 172-179 с. Здобувач запропонував методику визначення закономірностей розподілу параметрів тріщинуватості Межирицького родовища граніту.

3. Мамрай В.В. Визначення параметрів середніх природних окремоностей масиву гірських порід на основі графо-статистичного моделювання. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* 2007. № 2 (41). С. 1-6. Здобувач провів графо-статистичне моделювання.

Статті у фахових виданнях, які входять до наукометричних баз:

4. Dimension Stone Blocks Modelling Based on Digital Surface Model Methods / V. Levytskyi, A. Makhno, A. Panasiuk, V. Mamrai. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* 2018. № 2 (82). С. 259-267. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, Google Scholar). Здобувач провів цифрову зйомку блоків природного каменю.

5. Обґрунтування методики вибору напрямку ведення гірничих робіт для дискових машин / Р.В. Соболевський та ін. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* 2019. № 2 (84). С. 166-175. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, Google Scholar). Здобувач провів математичні обрахунки тріщинуватості масиву.

6. Встановлення питомої продуктивності різання природного каменю дисковими пилами / В.В. Мамрай та ін. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету.* 2019. №58. С. 75-83. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних Google Scholar). Здобувач брав участь в практичних вимірах на кар'єрі.

7. Дослідження показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочної сировини дисковими каменерізними машинами / В.В. Мамрай та ін. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* 2019. № 1 (83). С. 270-275. (Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; BASE; eLibrary, Google Scholar). Здобувач розробив методику визначення показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочного каменю дисковими каменерізними машинами.

Публікації у закордонних виданнях

8. Влияние анизотропности массивов горных пород на условия разработки месторождений блочного камня. / Мамрай В.В. *Добыча, обработка и применение природного камня*. Сборник научных трудов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2006. Вып. 6. С. 67-70.

9. Оценка влияния одно- и многошпурового подрывания на монолитность и разубоживание массива декоративного камня. / Бакка Н.Т., Кисель Е.А., Мамрай В.В. *Добыча, обработка и применение природного камня*. Сборник научных трудов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова», 2008. Вып. 8. С. 32-36. *Здобувач проводив аналітичні обрахунки.*

10. Experience of Dimension Stone Extraction by Quarry Cutting Machine at Pokostovsky Deposit (Ukraine) / Vasyl Mamray, Valentyn Korobiichuk, Volodymyr Shlapak. *Journal of Mining and Geological Sciences*. 2019. Vol.62, Num. 2. P. 66-69. *(Входить до переліку міжнародної наукометричної бази даних WorldCat; eLibrary, Google Scholar). Здобувач провів порівняння двох технологій видобування.*

Публікації за матеріалами конференцій:

11. Аналіз впливу відкритих гірничих робіт на довкілля. III Міжвузівська конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. / Мамрай В.В. *«Сучасні проблеми екології»*. Збірка доповідей. Житомирський державний технологічний університет. 2006. Ч 2. С. 139-140.

12. New Approaches of Dimension Stone Splitting by Non-blasting Methods in a Quarry. / Kalchuk S., Zhukov S., Mamray V. *VIII International Protodiakonov Colloquium*. Freiberg: TU Bergakademie Freiberg, 2017. Vol.69. P. 97-102. *Здобувач проводив аналітичні обрахунки.*

13. Changes of physical and decorative natural stone properties after impact of high temperature / V. Korobiichuk, V. Shlapak, V. Mamray, O. Sydorov. *II міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики»*. Київ: В-во Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2019. С. 10-13. *Здобувач брав участь в лабораторних випробуваннях.*

14. Post-blasting Contamination of Quarries' Sump Waters / Volodymyr Shlapak, Iryna Davydova, Vasyl Mamray. *International Conference 2019 Innovations for Responsible Surface Mining*. Freiberg: TU Bergakademie Freiberg, 2019. P. 340-350. *Здобувач провів аналіз літературних джерел, сформулював ідею.*

АНОТАЦІЯ

Мамрай В.В. Обґрунтування технологічних параметрів видобування блочного каменю дисковими машинами. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2020.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі з обґрунтування технологічних параметрів видобування блочного каменю

дисковими машинами з врахуванням режимів різання та анізотропії гірської породи.

У роботі проведено розрахунок кількісних і якісних втрат при підготовці покладів до виймання за допомогою канатного різання та дискових машин. Визначені показники очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочного каменю дисковими каменерізними машинами.

Встановлено зношення алмазного інструменту дискової машини при різних напрямках різання. Також отримані залежності споживання електроенергії дисковою машиною від продуктивності різання.

Отримано залежність вартості питомих трудовитрат на робочу силу залежно від продуктивності дискової машини.

Обґрунтовано методики вибору напрямку ведення гірничих робіт для дискових машин при видобуванні блочного каменю.

Вперше вивчено закономірності просторової мінливості напрямків оптимального різання для родовищ лабрадоритів, встановлена аналітична залежність у вигляді поліному другого ступеня для прогнозування оптимального напрямку різання для Головинського родовища лабрадориту.

Ключові слова: природний камінь, дискові машини, блочний камінь, експлуатаційні втрати сировини, напрям гірничих робіт, тріщинуватість, мікроструктурний аналіз, мінеральний склад, структура природного каменю.

АННОТАЦИЯ

Мамрай В.В. Обоснование технологических параметров добычи блочного камня дисковыми машинами. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.03 - открытая разработка месторождений полезных ископаемых. - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2020.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-практической задачи по обоснованию технологических параметров добычи блочного камня дисковыми машинами с учетом режимов резания и анизотропии горной породы.

В работе проведен расчет количественных и качественных потерь при подготовке залежей к выемке с помощью алмазно-канатного резания и дисковых машин. Определены показатели ожидаемых эксплуатационных потерь сырья при добыче блочного камня дисковыми камнерезными машинами.

Определен износ алмазного инструмента дисковой машины при различных направлениях резания. Также получены зависимости потребляемой электроэнергии дисковой машиной от производительности резания.

Получено зависимость стоимости удельных трудовых затрат на рабочую силу в зависимости от производительности дисковой машины

Обосновано методики выбора направления ведения горных работ для дисковых машин при добыче блочного камня.

Впервые изучено закономерности пространственной изменчивости направлений оптимального резания для месторождений лабрадоритов, определена аналитическая зависимость в виде полинома четвертой степени для

прогнозирования оптимального направления резания для Головинского месторождения лабрадорита.

Ключевые слова: природный камень, дисковые машины, блочный камень, эксплуатационные потери сырья, направление горных работ, трещиноватость, микроструктурных анализ, минеральный состав, структура природного камня.

ABSTRACT

Mamray V.V. Technological Parameters Substantiation of Dimension Stone Extraction by Disk Machines. – On the rights of the manuscript.

The Dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences, Specialty 05.15.03. – Opencast Mining of Mineral Deposits. – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2020.

The Dissertation is devoted to solving of actual scientific and practical task as for Technological Parameters Substantiation of Dimension Stone Extraction by Disk Machines, taking into consideration cutting regimes and anisotropy of rocks.

Calculation of quantitative and qualitative losses by preparation of deposit for extraction by diamond wire cutting and disk machines is carried out in the thesis. Indicators of the expected operational losses of raw during dimension stone extraction by disk stone-cutting machines are determined.

Wear of disk machine’s diamond tool by different directions of cutting is obtained. Also dependences of disk machine’s energy consumption on cutting productivity are determined.

The dependence of the value of the unit man-hours for labour force depending on disk machine’s productivity is obtained.

The method of choosing direction of mining works carrying out for disk machines by dimension stone extraction is elaborated. Regularity of spatial changeability of optimal cutting directions for labradorite deposits is studied. Analytical dependence as a polynomial of the 4-th degree for prognosis of optimal cutting direction at Golovynske deposit of labradorite is determined.

Keywords: natural stone, disk machine, dimension stone, exploitation loses of raw, direction of mining works, fracturing, microstructural analysis, mineral composition, structure of natural stone.

Мамрай Василь Васильович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИДОБУВАННЯ
БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ДИСКОВИМИ МАШИНАМИ**

05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку: 10.08.2020

Папір друк. Друк офсетний

Тираж 100 прим.

Формат 60x90 1/16

Обсяг 2,2 ум. друк. арк.

Зам. № 12

Державний університет «Житомирська політехніка»

10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

**Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ЖТ № 08 від 26.03.2004 р.**